

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2024年4月18日 (18.04.2024)

(10) 国际公布号
WO 2024/078506 A1

- (51) 国际专利分类号:
E21B 7/04 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/123822
- (22) 国际申请日: 2023年10月10日 (10.10.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211253874.9 2022年10月13日 (13.10.2022) CN
- (71) 申请人: 中国煤炭科工集团有限公司 (CHINA COAL TECHNOLOGY & ENGINEERING GROUP) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。中煤科工集团重庆研究院有限公司 (CCTEG CHONGQING RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国重庆市九龙坡区科城路6号, Chongqing 400039 (CN)。

- (72) 发明人: 刘见中 (LIU, Jianzhong); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。孙海涛 (SUN, Haitao); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。王清峰 (WANG, Qingfeng); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。武文宾 (WU, Wenbin); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。胡运兵 (HU, Yunbing); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。王昊 (WANG, Hao); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。赵旭生 (ZHAO, Xusheng); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。闫保永 (YAN, Baoyong); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。李良伟 (LI, Liangwei); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。雷毅 (LEI, Yi); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。康厚

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR REGIONALIZED COAL MINE METHANE DRAINAGE IN DEEP HOLE

(54) 发明名称: 一种煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法与装置

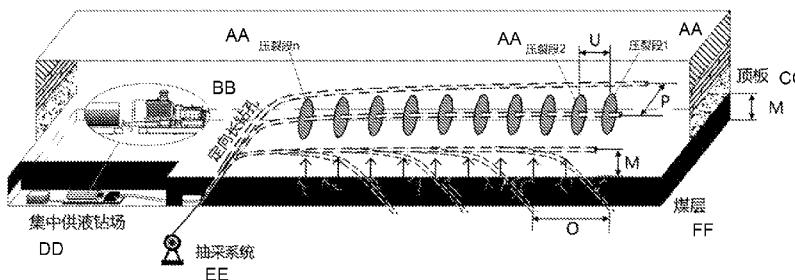


图2

- | | | | |
|----|---------------------------|----|---------------------------------|
| AA | Fractured segment | DD | Centralized liquid supply field |
| BB | Long directional borehole | EE | Drainage system |
| CC | Roof | FF | Seam |

(57) Abstract: Disclosed is an apparatus for regionalized coal mine methane drainage in a deep hole, comprising a high-pressure large-flow centralized liquid supply apparatus, a while-drilling radar geological detection apparatus (4), a deep-hole self-adaptive directional drilling rig apparatus, an electromagnetic transmission high-pressure sealing column (5), and an open-hole while-drilling staged fracturing tool string. The while-drilling radar geological detection apparatus continuously detects a geological formation and a coal-rock interface in real time in a drilling process; the deep-hole self-adaptive directional drilling rig apparatus adaptively adjusts a propelling force and a swivel speed on the basis of the detection result, so as to improve the drilling efficiency, and reduce the probability of drill jamming and bit balling in the drilling process; and methane control in a large area, and in particular, the design of drainage boreholes, while-drilling radar geological detection, self-adaptive drilling, staged fracturing of main boreholes, and while-drilling fracturing of branch boreholes of a weak seam can be effectively guided, so as to implement advanced and highly-efficient drainage of methane of a coal mine dominated by the weak seam in a laneless down-hole large area. Further disclosed is a method of using the apparatus.

(57) 摘要: 公开了一种煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置, 包括高压大流量集中供液装置、随钻雷达地质探测装置

清(KANG, Houqing); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。王振(WANG, Zhen); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。王然(WANG, Ran); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。陈泽平(CHEN, Zeping); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。孙朋(SUN, Peng); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。孙东玲(SUN, Dongling); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。李日富(LI, Rifu); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。王国震(WANG, Guozhen); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。宁二强(NING, Erqiang); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。祝琨(ZHU, Kun); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。刘延保(LIU, Yanbao); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。姚壮壮(YAO, Zhuangzhuang); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。李彦明(LI, Yanming); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。潘雪松(PAN, Xuesong); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。段天柱(DUAN, Tianzhu); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。刘洋(LIU, Yang); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。胡万利(HU, Wanli); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。崔少北(CUI, Shaobei); 中国北京市朝阳区和平里青年沟路5号, Beijing 100013 (CN)。

PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

- (74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙)(TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区悦秀路99号4层2单元417, Beijing 100085 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,

(4)、深孔自适应定向钻机装置、电磁传输高压密封管柱(5)、裸眼随钻分段压裂工具串；随钻雷达地质探测装置在钻进过程中实时连续探测地质构造与煤岩交界面；深孔自适应定向钻机装置基于探测结果自适应调节推进力、回转速度，以提高钻进效率，降低钻进过程卡钻和抱钻概率；能够有效指导大区域瓦斯治理尤其是松软煤层的抽采钻孔设计、随钻雷达地质探测、自适应钻进、主孔分段压裂和分支钻孔随钻压裂的实施，从而对以松软煤层为主的煤矿实现井下无巷化大区域瓦斯超前高效抽采；还公开了使用该装置的方法。

一种煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法与装置

相关申请的交叉引用

5 本申请基于申请号为 202211253874.9、申请日为 2022 年 10 月 13 日的中国专利申请提出，并要求该中国专利申请的优先权，该中国专利申请的全部内容在此引入本申请作为参考。

技术领域

10 本公开涉及煤矿井下瓦斯抽采领域，具体涉及一种煤矿瓦斯深孔区域化抽采的方法与装置。

背景技术

15 以 2009 年《防治煤与瓦斯突出规定》发布为标志，“区域防突措施先行、局部防突措施补充”的防突工作原则被提出，我国正式进入了以区域防突为主的区域瓦斯治理第一阶段。第一阶段区域预抽要求的范围比较小，仍然存在周期性的循环交替问题。对于一个走向 1000m 长的区段而言，需要交替数十个循环才能完成工作面回采巷道的掘进，防突与掘进作业的矛盾对立没有从根本上得到解决，抽采的时间、质量难以可靠保证的问题仍然存在，甚至还很严重。以穿层钻孔为主的预抽煤层瓦斯区域防突措施，能够做到对整个区段进行区域预抽并达到要求指标后再开始采掘工作。但该方式的最大问题是
20 工程量大、工期长、成本高。部分煤矿需布置三至四条岩巷才能使穿层钻孔覆盖整个区段煤层，岩巷掘进速度滞后、钻孔施工工期和预抽时间长，整体成本高。

25 2019 年版《防治煤与瓦斯突出细则》（简称《防突细则》）首次将“定向长钻孔预抽煤巷条带煤层瓦斯”列为区域防突措施，控制范围有所提升，但抽、掘交替问题仍然存在，千米工作面要交替多次。这不仅影响综合掘进速度，关键是只要存在掘进等抽采的情况，就会有抽采效果难以保证的问题。在钻进及控制方面，当区域范围增大后，区域内煤层及顶底板赋存条件变化多端，对钻孔轨迹控制的要求更高，现有随钻测量装置远离钻头 5~8m，且轨迹参数以静态测量为主，这导致钻孔轨迹测量和控制滞后。另外
30 现有定向钻机操作和钻孔轨迹调整严重依赖人工经验，操作人员因经验水平差异大，造成钻孔轨迹调整误差大。

此外，很大部分未采用增渗措施的定向长钻孔存在“打得进，抽不出”问题，这种
35 钻孔施工成本高效果低的原因主要是当前的水力压裂与钻孔施工作业不紧密，设备不通用，施工后未进行增渗作业，钻机撤场后更无法进行增渗作业，而目前最适合于定向长钻孔的增渗技术仍然是水力压裂，因此亟需一套结构简单操作便利的钻孔与水力压裂装置。

40 综上，针对当前的瓦斯治理技术无法避免抽、掘、采交替的问题或采用专用治理巷道工程量大问题，亟需一种以整个采区为范围的煤矿井下深孔区域化抽采方法及装置对煤层瓦斯进行抽采。基于该方法及装置能实现随钻探测、自适应钻进，实现整个采区超前预抽，最终达到一个采区预抽达标后，再投入该区段的采掘目标，避免或尽可能减少在一个区段内的抽、掘、采交替。

发明内容

本公开的主要目的在于解决目前无法做到随钻地质探测指导钻机施工、现有定向钻机操作和钻孔轨迹调整严重依赖人工经验、参数设计无体系、水力压裂不随钻等问题，实现定向长钻孔地质信息随钻测量、基于随钻探测地质信息的钻进工艺参数自主调节、水力压裂随钻化，形成一套系统简单操作简实施简便的以整个采区为范围的煤矿井下深孔区域化抽采装置及方法。

为实现上述目的，本公开的技术方案是：

本公开实施例的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置包括高压大流量集中供液装置、随钻雷达地质探测装置、深孔自适应定向钻机装置、电磁传输高压密封管柱、裸眼随钻分段压裂工具串；高压大流量集中供液装置设置有双泵结构，双泵结构出口连接钻进压裂双模式供液切换结构，高压大流量集中供液装置连接电磁传输高压密封管柱；电磁传输高压密封管柱为裸眼随钻分段压裂工具串提供压裂液，为深孔自适应定向钻机装置的螺杆马达提供钻进液；随钻雷达地质探测装置分别与裸眼随钻分段压裂工具串和深孔自适应定向钻机装置的螺杆马达连接，并通过电磁传输高压密封管柱传输信号；裸眼随钻分段压裂工具串设置有随钻压裂电磁传输通讯结构和双模式压差滑套，通过电磁传输通讯结构传输数据，通过双模式压差滑套切换钻进模式和压裂模式。

在一些实施例中，高压大流量集中供液装置由水箱、双泵结构、钻进压裂双模式供液切换结构、高压胶管、孔口装置、远程控制器依次连接。

在一些实施例中，双泵结构设置有高压小流量泵组、低压大流量泵组，高压小流量泵组和低压大流量泵组共同连接在同一底盘上，共同连接水箱及远程控制器。

在一些实施例中，孔口装置内部有单向阀，单向阀的一端与电磁传输高压密封管柱螺纹连接，单向阀的另一端与高压胶管连接；单向阀与高压胶管连接的一端设置有旋转输水结构，单向阀控制流体仅能由高压胶管一侧至电磁传输高压密封管柱一侧通过，电磁传输高压密封管柱一侧还设置有压力表和卸压阀；当高压大流量集中供液装置用于压裂时，在水箱内添加压裂液，当高压大流量集中供液装置用于钻进时，在水箱内添加钻进液。

在一些实施例中，深孔自适应定向钻机装置包括钻头、近钻头随钻测量装置、螺杆马达、自适应定向钻机主机。

在一些实施例中，近钻头随钻测量装置用于测量钻孔轨迹参数，同时接收来自随钻雷达地质探测装置探测的地质数据信息，通过电磁传输高压密封管柱将数据信息传输至自适应定向钻机主机上，经过数据分析及处理后，自适应调节推进力和回转速度。

在一些实施例中，钻头、近钻头随钻测量装置、螺杆马达依次连接；螺杆马达与随钻雷达地质探测装置连接；自适应定向钻机主机与电磁传输高压密封管柱连接，并通过高压胶管与高压大流量集中供液装置连接。

在一些实施例中，自适应定向钻机主机包括锚固油缸组、自适应给进装置、电动机组件、油箱组件、自适应动力头、防爆电脑、履带车平台；锚固油缸组、自适应给进装置、电动机组件、油箱组件、防爆电脑均集成在履带车平台上；自适应动力头位于自适应给进装置上，为定向钻孔提供回转动力并精确调整螺杆马达工具面向角角度；自适应给进装置提供钻孔所需的推进力。

在一些实施例中，电磁传输高压密封管柱为无中心管结构，采用电磁感应方式进行信号传输，密封结构承压能力大于高压大流量集中供液装置最高压力，且不影响信号传输。

在一些实施例中，电磁传输高压密封管柱在钻进过程中为螺杆马达传输钻进液，在压裂过程中为裸眼随钻分段压裂工具串传输压裂液，在钻进和压裂过程中传输钻机指令信号并反馈随钻雷达地质探测装置探测结果信息和钻头的状态信息。

5 在一些实施例中，裸眼随钻分段压裂工具串包括上转换结构、上封隔器、上扶正器、双模式压差滑套筛管一体化短节、下扶正器、下封隔器、下转换结构，其中上转换结构与随钻雷达地质探测装置连接，下转换结构与电磁传输高压密封管柱连接；上转换结构、上封隔器、上扶正器、双模式压差滑套筛管一体化短节、下扶正器、下封隔器、下转换结构均设置有电磁传输结构；双模式压差滑套筛管一体化短节包含双模式压差滑套和筛管两部分，其中双模式压差滑套设置有钻进压裂双模式结构，筛管用于高压水出水。

10 在一些实施例中，双模式压差滑套通过调节高压大流量集中供液装置的供液压力自动切换钻进模式和压裂模式，供液压力在 P_d 以下时为钻进模式，供液压力大于 P_d 时为压裂模式，其中 P_d 在 10~20MPa 之间可调。

15 在一些实施例中，在钻进模式时高压水不进入上封隔器、下封隔器和筛管，避免上封隔器和下封隔器膨胀以及筛管出水，高压水只进入螺杆马达并提供动力；在压裂模式时，高压水不进入螺杆马达，上封隔器、下封隔器膨胀封孔，筛管出水进行分段内压裂，压力降至 P_d 以下时双模式压差滑套关闭压裂模式上封隔器、下封隔器，上封隔器和下封隔器卸压收缩。

在一些实施例中，随钻雷达地质探测装置包括发射共形天线阵列、发射机控制电路、接收机控制电路、雷达信号处理器、MEMS 加速度传感器、接收共形天线阵列。

20 在一些实施例中，雷达信号处理器对信号的处理过程为：发射共形天线阵列螺旋式扫描周边全部空间后，形成间断式的雷达反射界面，在三维空间中提取采掘工作面顶底煤岩分界面，为空间剖分提供分层边界；雷达波在煤层中传播，振幅会随着传播距离的增加而衰减，相位也随之偏移，在地层界面，雷达波会出现偏转和反射；通过反射波的振幅强度与相位偏移，利用层析成像理论，反演雷达波路径上的煤层属性，表征煤层的变化信息。

25 在一些实施例中，对三维空间的剖分采用四面体剖分单元，从而离散整个三维空间；对于钻孔附近小尺度的孔径约束，进行区域化加密；在探测边缘区域，增大剖分尺寸。

本公开实施例的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法，应用如上述任一实施例中所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，包括以下步骤：

30 步骤 1，获取煤岩层的地质环境、应力状态和物理力学参数，煤岩层的参数包括煤层坚固性系数 f_1 、顶板坚固性系数 f_2 、区段走向长度 L 、区段倾向长度 N 、煤层厚度 h 、煤岩抗拉强度 σ_t 、煤层埋深 H 、煤层原始水平最大主应力 σ_H 、煤层原始水平最小主应力 σ_h 、孔隙压力 P_0 、地下介质的相对介电常数 ϵ_r 、顶底板岩层吸水系数 λ_2 ；

步骤 2，根据获取的煤岩层的参数和设计公式设计抽采钻孔类型及对应钻孔参数；

35 步骤 3，采用深孔自适应定向钻机装置，根据步骤 2 中设置的抽采钻孔参数，基于随钻雷达地质探测装置在钻进过程中实时连续探测的地质信息，自适应调节深孔自适应定向钻机装置的推进力和回转速度，进行顶板平行定向长钻孔施工；

步骤 4，根据压裂目标煤岩层的参数，计算煤层的破裂压力 P_k 、压裂泵泵压 P_w 以及压裂水量 V_w ；

步骤 5，计算顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W 和压裂段间距 U ；

步骤 6，以步骤 4 和步骤 5 得到的参数作为设计参数进行水力压裂作业；

40 步骤 7，压裂后进行排水、封孔，连接抽采装置进行抽采。

在一些实施例中，其中步骤 2 的抽采钻孔类型设计方法如下：

抽采钻孔类型分为顶板平行定向长钻孔和顶板平行定向长钻孔+分支孔两种类型，设顶板坚固性系数 f_2 与煤层坚固性系数 f_1 比值为 D ， D 按下式计算：

$$D = \frac{f_2}{f_1}$$

5 其中 $D > 2$ 时采用顶板平行定向长钻孔， $D \leq 2$ 时，采用顶板平行定向长钻孔+分支孔。

在一些实施例中，其中步骤 2 的抽采钻孔类型对应的钻孔参数设计方法如下：

分支孔施工时钻头穿过煤层并进入底板深度为 x ， x 取值为 5~10m；

顶板平行定向长钻孔参数：顶板平行定向长钻孔层位在煤层上方 M 处，钻孔长度为 K ，钻孔间距为 P ，钻孔个数为 B ， M 、 K 、 P 、 B 值分别按下式计算，其中 $\epsilon = 1m^2$ ：

$$10 \quad \begin{aligned} M &= 2h - f_2 \\ K &= L + 30 \\ P &= \frac{50}{M} \epsilon \\ B &= \frac{N - 60}{P} \end{aligned}$$

15 顶板平行定向长钻孔+分支孔参数：顶板平行定向长钻孔层位在煤层上方 M 处，钻孔长度为 K ，钻孔间距为 P ，钻孔主孔个数为 B ，分支钻孔间距 $O = P$ ，分支孔个数为 q ， q 按下式计算：

$$q = \frac{K}{O}$$

20 在一些实施例中，其中步骤 3 中的随钻雷达地质探测装置在钻进过程中实时连续探测，具体过程为：探测时，接收机控制电路同步发射机控制电路的指令，并通过 MEMS 加速度传感器实时感知随钻雷达地质探测装置姿态，根据自身姿态启动一组或多组相应的发射共形天线阵列和接收共形天线阵列进行探测数据采集工作与数据分析，反演出定向探测钻孔周围地质信息；随钻雷达地质探测装置将煤岩交界面信息通过电磁传输高压密封管柱传输给深孔自适应定向钻机装置，在钻进过程中根据煤岩交界面信息实时调整螺杆马达方位与倾角，保证钻孔设计层位。

25 在一些实施例中，其中随钻雷达地质探测装置探测煤岩交界面目标体深度 H 计算公式如下：

$$H = \frac{\sqrt{v^2 t^2 - x^2}}{2}$$

上式中， v 为电磁波在介质中的波速； t 为探测仪器测量的电磁波走时； x 为发射共形天线阵列与接收共形天线阵列之间的距离； v 值可用宽角法直接测量或根据近似计算公式计算：

$$30 \quad v \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

上式中, c 为光速, ϵ_r 为地下介质的相对介电常数;
随钻雷达地质探测装置自身感知方向计算公式如下:

$$\theta = \arcsin \frac{g_y}{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}$$

上式中, θ 为随钻雷达地质探测装置探测主方向与煤岩交界面法线方向角度; g_y 为随钻
5 雷达地质探测装置初始水平径向方向传感轴加速度测量值; g_z 为随钻雷达地质探测装置初始
竖直方向传感轴加速度测量值。

在一些实施例中, 其中步骤 4 中煤层的破裂压力 P_k , 计算公式如下:

$$P_k = 3\sigma_h - \sigma_H + \sigma_t - P_0$$

上式中: σ_h 为煤层原始水平最小主应力, σ_H 为煤层原始水平最大主应力, σ_t 为煤岩抗拉
10 强度, P_0 为孔隙压力;

计算需要的压裂泵泵压 P_w , P_w 计算公式如下:

$$P_w = P_k + P_H + P_f$$

上式中: P_H 为压裂管路液柱压力, $P_H = \rho g H_c$, ρ 为压裂液密度; g 为重力加速度, H_c 为
15 电磁传输高压密封管柱高差, 为钻孔终孔标高减去开口标高; P_f 为压裂液沿程摩阻, $P_f = a L_g$
 λ_1 , L_g 为管路长度, λ_1 为摩阻系数, $a = 1 \text{MPa/km}$;

依据压裂目标煤岩层设计的钻孔间距参数, 考虑压力水漏失, 估算压裂水量 $V_{水}$,
 $V_{水}$ 计算公式如下

$$V_{水} = 0.02 V_{体} \lambda_2$$

上式中 $V_{体}$ 为设计的压裂影响范围煤层体积; λ_2 为顶底板岩层吸水系数, 根据顶板坚固
20 性系数 f_2 取值: $f_2 > 2$ 时, λ_2 取值为 1, f_2 为其它数值时, $\lambda_2 = 1.7 - 0.35 f_2$ 。

在一些实施例中, 其中步骤 5 中顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W 和压裂段间距 U
按下式计算:

$$W = \sqrt{\frac{50}{M}} \beta$$

$$U = \sqrt{\frac{50}{M}} \frac{f_2}{f_1} h \beta$$

25 上式中, f_1 为煤层坚固性系数, f_2 为顶板坚固性系数, M 为定向长钻孔距煤层距离, h
为煤层厚度, $\beta = 1 \text{m}^{3/2}$ 。

在一些实施例中, 其中步骤 6 根据设计参数进行水力压裂作业, 对于顶板平行定向长钻
孔随钻压裂作业, 具体步骤如下:

30 利用煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置进行钻孔施工前, 调节好双模式压差滑套筛管一体化
短节来控制上封隔器与下封隔器之间的间距至顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W ;

顶板平行定向长钻孔施工完成后, 根据分段水力压裂参数设计启动并控制高压大流量集
中供液装置开始压裂, 调节压裂压力至高于压裂泵泵压 P_w , 完成压裂水量 $V_{水}$ 时停止孔底第
1 段压裂, 拖动电磁传输高压密封管柱带动裸眼随钻分段压裂工具串, 使上封隔器距第 1 段
35 压裂的下封隔器位置的距离为压裂段间距 U 进行第 2 段压裂, 重复上述步骤直至所有分段
压裂完成。

在一些实施例中，其中步骤 6 根据设计参数进行水力压裂作业，对于顶板平行定向长钻孔+分支孔随钻压裂作业，具体步骤如下：

- 5 利用煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置进行钻孔施工前，调节好双模式压差滑套筛管一体化短节来控制上封隔器与下封隔器之间的间距，使该间距大于钻孔在煤层段内的长度，顶板平行定向长钻孔施工完后，在孔底开始施工第 1 个分支孔，施工完成后调整上封隔器与下封隔器的位置使两者分别处于煤层底板和煤层顶板；根据分段水力压裂参数设计启动并控制高压大流量集中供液装置开始压裂，调节压裂压力至高于压裂泵泵压 P_w ，完成压裂水量 V_w 时停止第 1 个分支孔压裂；拖动电磁传输高压密封管柱使钻头处于第 2 个分支孔开孔点，第 2 个开孔点距第 1 个开孔点的距离为 O ，开始钻进第 2 个分支孔并进行随钻压裂，重复上述步骤直至所有分支孔压裂完成。

10 在一些实施例中，其中步骤 7 压裂后进行排水时，钻孔孔口安装临时负压装置，用于抽吸排水过程中出现的正压瓦斯，防止钻场内部瓦斯超限，排水至排水流量小于 V_p 时采用水泥砂浆封孔， V_p 在 $0.2\sim 0.5\text{m}^3/\text{h}$ 内取值，封孔后连接抽采装置进行抽采。

- 15 本公开的一种煤矿瓦斯深孔区域化抽采的方法与装置，结构简单，操作简便，在钻进和压裂时共用高压大流量集中供液装置和电磁传输高压密封管柱，随钻雷达地质探测装置无需退钻后再探测，探测结果直接指导钻进过程，钻进过程自主作业，裸眼分段压裂工具串可随钻作业，可实现以松软煤层为主的煤矿井下无巷化大区域瓦斯超前高效抽采。

附图说明

- 20 图 1 为本公开的煤矿瓦斯深孔区域化抽采流程示意图；
图 2 为本公开的煤矿瓦斯深孔区域化抽采钻孔布置立体示意图；
图 3 为本公开的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置总体示意图；
图 4 为本公开的随钻雷达地质探测装置示意图；
图 5 为本公开的自适应定向钻机主机示意图；
25 图 6 为本公开的裸眼随钻分段压裂工具串示意图。

- 附图标记：1-钻头；2-近钻头随钻测量装置；3-螺杆马达；4-随钻雷达地质探测装置；401-发射共形天线阵列；402-发射机控制电路；403-接收机控制电路；404-雷达信号处理器；405-MEMS 加速度传感器；406-接收共形天线阵列；407-煤岩交界面 I；408-煤岩交界面 II；5-电磁传输高压密封管柱；6-自适应定向钻机主机；601-锚固油缸组；602-自适应给进装置；30 603-电动机组件；604-油箱组件；605-自适应动力头；606-防爆电脑；607-履带车平台；701-水箱；702-双泵结构；703-钻进压裂双模式供液切换结构；704-高压胶管；705-孔口装置；706-远程控制器；801-上转换结构；802-上封隔器；803-上扶正器；804-双模式压差滑套筛管一体化短节；805-下扶正器；806-下封隔器；807-下转换结构。

35 具体实施方式

下面详细描述本公开的实施例，所述实施例的示例在附图中示出。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本公开，而不能理解为对本公开的限制。

- 40 以下通过特定的具体实例说明本公开的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本公开的其他优点与功效。本公开还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本公开的精

神下进行各种修饰或改变。需要说明的是，以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本公开的基本构想，在不冲突的情况下，以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

其中，附图仅用于示例性说明，表示的仅是示意图，而非实物图，不能理解为对本公开的限制；为了更好地说明本公开的实施例，附图某些部件会有省略、放大或缩小，并不代表实际产品的尺寸；对本领域技术人员来说，附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

本公开实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件；在本公开的描述中，需要理解的是，若有术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本公开和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明，不能理解为对本公开的限制，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

图 3-6 为本公开的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置的总体示意图及各组成部分的示意图。具体而言，煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置包括高压大流量集中供液装置、随钻雷达地质探测装置 4、深孔自适应定向钻机装置、电磁传输高压密封管柱 5、裸眼随钻分段压裂工具串。

参见图 3，高压大流量集中供液装置由水箱 701、双泵结构 702、钻进压裂双模式供液切换结构 703、高压胶管 704、孔口装置 705、远程控制器 706 依次连接。双泵结构 702 设置有高压小流量泵组、低压大流量泵组，高压小流量泵组和低压大流量泵组共同连接在同一底盘上，共同连接水箱 701 及远程控制器 706。双泵结构 702 设置有高压小流量泵组、低压大流量泵组，高压小流量泵组和低压大流量泵组共同连接在同一底盘上，共同连接水箱 701 及远程控制器 706。孔口装置 705 内部有单向阀，一端与电磁传输高压密封管柱 5 螺纹连接，一端与高压胶管 704 连接；单向阀与高压胶管 704 连接的一端设置有旋转输水结构，单向阀控制流体仅能由高压胶管 704 一侧至电磁传输高压密封管柱 5 一侧通过，电磁传输高压密封管柱 5 一侧还设置有压力表、卸压阀；当高压大流量集中供液装置用于压裂时，在水箱 701 添加压裂液，当高压大流量集中供液装置用于钻进时，在水箱 701 内添加钻进液。

参见图 3，深孔自适应定向钻机装置包括钻头 1、近钻头随钻测量装置 2、螺杆马达 3、自适应定向钻机主机 6。钻头 1、近钻头随钻测量装置 2、螺杆马达 3 依次连接；螺杆马达 3 与随钻雷达地质探测装置 4 连接；自适应定向钻机主机 6 与电磁传输高压密封管柱 5 连接，并通过高压胶管 704 与高压大流量集中供液装置连接。近钻头随钻测量装置 2 用于测量钻孔轨迹参数，同时接收来自随钻雷达地质探测装置 4 探测的地质数据信息，通过电磁传输高压密封管柱 5 将数据信息传输至自适应定向钻机主机 6 上，经过数据分析及处理后，自适应调节推进力和回转速度。

参见图 3，电磁传输高压密封管柱 5 为无中心管结构，采用电磁感应方式进行信号传输，密封结构承压能力大于高压大流量集中供液装置最高压力，且不影响信号传输。电磁传输高压密封管柱 5 在钻进过程中为螺杆马达 3 传输钻进液，在压裂过程中为裸眼随钻分段压裂工具串传输压裂液，在钻进和压裂过程中传输钻机指令信号、反馈随钻雷达地质探测装置 4 探测结果信息和钻头 1 的状态信息。高压大流量集中供液装置在双泵结构 702 出口连接钻进压裂双模式供液切换结构 703，并通过孔口装置 705 连接电磁传输高压密封管柱 5。随钻雷达地质探测装置分别与裸眼随钻分段压裂工具串和深孔自适应定向钻机装置的螺杆马达 3 连接，并通过电磁传输高压密封管柱 5 传输信号。

参见图 3 和图 4, 随钻雷达地质探测装置 4 包括发射共形天线阵列 401、发射机控制电路 402、接收机控制电路 403、雷达信号处理器 404、MEMS 加速度传感器 405、接收共形天线阵列 406。雷达信号处理器 404 的信号处理过程为: 发射共形天线阵列 401 螺旋式扫描周边全部空间后, 形成间断式的雷达反射界面, 在三维空间中提取采掘工作面顶底煤岩分界面, 为空间剖分提供分层边界; 雷达波在煤层中传播, 振幅会随着传播距离的增加而衰减, 相位也随之偏移, 在地层界面, 雷达波会出现偏转和反射; 通过反射波的振幅强度与相位偏移, 利用层析成像理论, 反演雷达波路径上的煤层属性, 表征煤层的变化信息。对三维空间的剖分具体采用四面体剖分单元, 从而离散整个三维空间; 对于钻孔附近小尺度的孔径约束, 进行区域化加密; 在探测边缘区域, 增大剖分尺寸。

参见图 3 和图 5, 自适应定向钻机主机 6 为定向钻孔提供推进力和回转动力。自适应定向钻机主机 6 包括锚固油缸组 601、自适应给进装置 602、电动机组件 603、油箱组件 604、自适应动力头 605、防爆电脑 606、履带车平台 607; 锚固油缸组 601、自适应给进装置 602、电动机组件 603、油箱组件 604、防爆电脑 606 均集成在履带车平台 607 上; 自适应动力头 605 位于自适应给进装置 602 上, 为定向钻孔提供回转动力和精确调整螺杆马达 3 工具面向角角度; 自适应给进装置 602 提供钻孔所需的推进力。

参见图 3 和图 6, 裸眼随钻分段压裂工具串包括上转换结构 801、上封隔器 802、上扶正器 803、双模式压差滑套筛管一体化短节 804、下扶正器 805、下封隔器 806、下转换结构 807, 上述部件依次螺纹连接, 其中上转换结构 801 与随钻雷达地质探测装置 4 连接, 下转换结构 807 与电磁传输高压密封管柱 5 连接; 上转换结构 801、上封隔器 802、上扶正器 803、双模式压差滑套筛管一体化短节 804、下扶正器 805、下封隔器 806、下转换结构 807 均设置有电磁传输结构; 双模式压差滑套筛管一体化短节 804 包含双模式压差滑套和筛管两部分, 其中双模式压差滑套设置有钻进压裂双模式结构, 筛管用于高压水出水。双模式压差滑套通过调节高压大流量集中供液装置的供液压力来自动切换钻进模式和压裂模式, 供液压力在 P_d 以下为钻进模式, 供液压力大于 P_d 时为压裂模式, 其中 P_d 在 10~20MPa 之间可调。在钻进模式时高压水不进入上封隔器 802、下封隔器 806 和筛管, 避免上封隔器 802 和下封隔器 806 膨胀以及筛管出水, 高压水只进入螺杆马达 3 并提供动力。在压裂模式时, 高压水不进入螺杆马达 3, 上封隔器 802、下封隔器 806 膨胀封孔, 筛管出水进行分段内压裂, 压力降至 P_d 以下时双模式压差滑套关闭压裂模式上封隔器 802、下封隔器 806, 上封隔器 802 和下封隔器 806 卸压收缩。裸眼随钻分段压裂工具串还设置有随钻压裂电磁传输通讯结构, 并通过电磁传输通讯结构传输数据。

结合图 1-2, 说明本公开的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法, 应用了图 3-6 所示出的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置。实施例 1 中的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法, 包括以下步骤。

步骤 1, 获取煤岩层的地质环境、应力状态、物理力学等参数: 假设获取到的煤层坚固性系数 $f_1=0.5$ 、顶板坚固性系数 $f_2=2$ 、区段走向长度 $L=1200m$ 、区段倾向长度 $N=600m$ 、煤层厚度 $h=2m$ 、煤岩抗拉强度 $\sigma_t=1.2MPa$ 、煤层埋深 $H=600m$ 、煤层原始水平最大主应力 $\sigma_H=24MPa$ 、煤层原始水平最小主应力 $\sigma_h=15MPa$ 、孔隙压力 $P_0=0.5MPa$ 、地下介质的相对介电常数 $\epsilon_r=6$ 、顶底板岩层吸水系数 $\lambda_2=0.25$ 。

步骤 2, 根据获取的煤岩层参数, 按下述方法设计抽采钻孔类型及对应钻孔参数。

抽采钻孔类型划分: 抽采钻孔类型分为顶板平行定向长钻孔和顶板平行定向长钻孔+分支孔两种类型, 设顶板坚固性系数与煤层坚固性系数比值为 D , D 值为无量纲参数, D 的大

小代表顶板通过水力压裂将裂缝扩展到煤层的可能性大小，根据可能性大小判定是否设计分支孔，D按下式计算：

$$D = \frac{f_2}{f_1}$$

5 式中， f_1 为煤层坚固性系数， f_2 为顶板坚固性系数，经计算 $D=4$ 。当 $D>2$ 时采用顶板平行定向长钻孔，当 $D\leq 2$ 时，采用顶板平行定向长钻孔+分支孔。本实施例中计算的 $D>2$ ，因此采用的抽采钻孔类型为顶板平行定向长钻孔。

将顶板平行定向长钻孔层位设计在煤层上方 M 处，钻孔长度为 K，钻孔间距为 P，钻孔个数为 B，M、K、P、B 值分别按下式计算，其中 $\varepsilon = 1m^2$ 。

10

$$M = 2h - f_2$$

$$K = L + 30$$

$$P = \frac{50}{M} \varepsilon$$

$$B = \frac{N - 60}{P}$$

经计算 $M=2m$ ， $K=1230m$ ， $P=25m$ ， $B=21.6$ 。

15 步骤 3，采用深孔自适应定向钻机装置，根据步骤 2 中的抽采钻孔设计参数，基于随钻雷达地质探测装置在钻进过程中实时连续探测地质信息，自适应调节深孔自适应定向钻机装置推进力、回转速度等，以提高钻进效率，降低钻进过程卡钻、抱钻概率，并始终保持钻孔轨迹处于煤层上方 $M=2m$ 处进行顶板平行定向长钻孔施工。

20 随钻雷达地质探测装置 4 实时探测时接收机控制电路 403 同步发射机控制电路 402 指令，并通过 MEMS 加速度传感器 405 实时感知装置姿态，根据自身姿态启动一组或多组相应的发射共形天线阵列 401 和接收共形天线阵列 406 进行探测数据采集工作与数据分析，反演出定向探测钻孔周围地质信息。随钻雷达地质探测装置 4 将煤岩交界面信息通过电磁传输高压密封管柱 5 传输给深孔自适应定向钻机装置，在钻进过程中根据煤岩交界面信息实时调整螺杆马达 3 方位与倾角，保证钻孔设计层位。

随钻雷达探测煤岩交界面目标体深度 H 按下式计算：

25

$$H = \frac{\sqrt{v^2 t^2 - x^2}}{2}$$

式中， v 为电磁波在介质中的波速； t 为探测仪器测量的电磁波走时； x 为发射共形天线阵列 401 与接收共形天线阵列 406 之间距离； v 值可用宽角法直接测量，也可根据近似计算公式：

$$v \approx \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

30 式中， c 为光速， ε_r 为地下介质的相对介电常数。

随钻雷达地质探测装置 4 自身感知方向计算公式如下：

$$\theta = \arcsin \frac{g_y}{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}$$

式中， θ 为随钻雷达地质探测装置 4 探测主方向与煤岩交界面法线方向角度； g_y 为随钻雷达地质探测装置 4 初始水平径向方向传感轴加速度测量值； g_z 为随钻雷达地质探测装置 4

初始竖直方向传感轴加速度测量值。

步骤 4, 根据压裂目标煤岩层的地质环境、应力状态、物理力学等参数, 计算煤层的破裂压力 P_k 、压裂泵泵压 P_w 、压裂水量 $V_{水}$, 为后续随钻分段压裂作业提供数据。

煤层的破裂压力 P_k , 按下式计算。

$$5 \quad P_k = 3\sigma_h - \sigma_H + \sigma_t - P_0$$

式中: σ_h 为煤层原始水平最小主应力, σ_H 为煤层原始水平最大主应力, σ_t 为煤岩抗拉强度, P_0 为孔隙压力。通过计算煤层的破裂压力 $P_k=21.7\text{MPa}$ 。

根据计算的 P_k 值及其他参数计算需要的压裂泵泵压 P_w , P_w 按下式计算。

$$P_w = P_k + P_H + P_r$$

10 P_H 为压裂管路液柱压力, $P_H = \rho g H_c$; ρ 为压裂液密度, 本次假设采用清水作为压裂液 $\rho = 1000\text{kg/m}^3$; g 为重力加速度, 取 $g = 10\text{N/kg}$; H_c 为电磁传输高压密封管柱高差, 根据经验的开孔高度 1m , 结合煤层厚度和钻孔层位值, 钻孔终孔标高减去开口标高计算得 $H_c = 3\text{m}$, 经计算 $P_H = 0.03\text{MPa}$; P_r 为压裂液沿程摩阻, $P_r = a L_g \lambda_1$, L_g 为管路长度, 假设为 0.1km , λ_1 为摩阻系数, 假设管路摩阻系数 $\lambda_1 = 8$, $a = 1\text{MPa/km}$, 计算得 $P_r = 0.8\text{MPa}$ 。经计算压裂泵泵压

15 $P_w = 22.53\text{MPa}$ 。

依据压裂目标煤岩层设计的钻孔间距等参数, 考虑压力水漏失, 估算压裂水量 $V_{水}$, $V_{水}$ 按下式计算:

$$V_{水} = 0.02 V_{体} \lambda_2$$

20 式中 $V_{体}$ 为设计的压裂影响范围煤层体积, 根据钻孔间距分段参数等估算的煤层体积约为 2250m^3 ; λ_2 为顶底板岩层吸水系数, 依顶底板岩层坚固性系数 f_2 取值: $f_2 > 2$ 时, λ_2 取值 1 , f_2 为其它数值时, $\lambda_2 = 1.7 - 0.35 f_2$ 。经计算 $V_{水} = 45\text{m}^3$ 。

步骤 5, 计算顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W 和压裂段间距 U 。

顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W 和压裂段间距 U 按下式计算:

$$W = \sqrt{\frac{50}{M}} \beta$$

$$25 \quad U = \sqrt{\frac{50}{M} \frac{f_2}{f_1}} h \beta$$

上式中, f_1 为煤层坚固性系数, f_2 为顶板坚固性系数, M 为定向长钻孔距煤层距离, h 为煤层厚度, $\beta = 1\text{m}^{3/2}$ 。经计算顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 $W = 5\text{m}$, 压裂段间距 $U = 40\text{m}$ 。

步骤 6, 根据上述设计参数进行水力压裂作业。

30 顶板平行定向长钻孔随钻压裂作业: 利用整套煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置进行钻孔施工前, 调节好双模式压差滑套筛管一体化短节 804 来控制上封隔器 802 与下封隔器 806 之间的间距至 $W = 5\text{m}$ 。顶板平行定向长钻孔施工完后, 根据分段水力压裂参数设计启动并控制高压大流量集中供液装置开始压裂, 调节压裂压力至高于压裂泵泵压 $P_w = 22.53\text{MPa}$, 完成压裂水量 $V_{水} = 45\text{m}^3$ 时停止孔底第 1 段压裂, 拖动电磁传输高压密封管柱 5 带动裸眼随钻分段压裂工具串, 使上封隔器距第 1 段压裂的下封隔器位置的距离为压裂段间间距 $U = 40\text{m}$ 进行第

35 2 段压裂, 重复以此直至所有分段压裂完成。

步骤 7, 压裂后进行排水、封孔、连接抽采装置进行抽采, 压裂后进行排水时, 孔口安装临时负压装置, 用于抽吸排水过程中的正压瓦斯, 防止钻场内部瓦斯超限, 排水至排水流量小于 V_p 时采用水泥砂浆封孔, V_p 在 $0.2\sim 0.5\text{m}^3/\text{h}$ 内取值, 封孔后连接抽采装置进行抽采。压裂后, 排水、封孔、连接抽采装置进行抽采。

5 实施例 2 中的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法, 包括以下步骤:

步骤 1, 获取煤岩层的地质环境、应力状态、物理力学等参数: 假设获取到的煤层坚固性系数 $f_1=1.5$ 、顶板坚固性系数 $f_2=2.4$ 、区段走向长度 $L=1200\text{m}$ 、区段倾向长度 $N=600\text{m}$ 、煤层厚度 $h=2\text{m}$ 、煤岩抗拉强度 $\sigma_t=1.2\text{MPa}$ 、煤层埋深 $H=600\text{m}$ 、煤层原始水平最大主应力 $\sigma_H=24\text{MPa}$ 、煤层原始水平最小主应力 $\sigma_h=15\text{MPa}$ 、孔隙压力 $P_0=0.5\text{MPa}$ 、地下介质的相对介电常数 $\epsilon_r=6$ 、顶底板岩层吸水系数 $\lambda_2=0.25$ 。

步骤 2, 根据获取的煤岩层参数, 按下述方法设计抽采钻孔类型及对应钻孔参数。

抽采钻孔类型划分: 抽采钻孔类型分为顶板平行定向长钻孔和顶板平行定向长钻孔+分支孔两种类型, 设顶板坚固性系数与煤层坚固性系数比值为 D , D 值为无量纲参数, D 的大小代表顶板通过水力压裂将裂缝扩展到煤层的可能性大小, 根据可能性大小判定是否设计分支孔, D 按下式计算:

$$D = \frac{f_2}{f_1}$$

式中, f_1 为煤层坚固性系数, f_2 为顶板坚固性系数, 经计算 $D=1.6$ 。当 $D>2$ 时采用顶板平行定向长钻孔, 当 $D\leq 2$ 时, 采用顶板平行定向长钻孔+分支孔。本实施例计算的 D 值小于 2, 因此采用的抽采钻孔类型为顶板平行定向长钻孔+分支孔。

20 将顶板平行定向长钻孔层位设计在煤层上方 M 处, 钻孔长度为 K , 钻孔间距为 P , 钻孔个数为 B , M 、 K 、 P 、 B 值分别按下式计算, 其中 $\epsilon = 1\text{m}^2$ 。

$$M = 2h - f_2$$

$$K = L + 30$$

$$P = \frac{50}{M} \epsilon$$

$$B = \frac{N - 60}{P}$$

25 经计算 $M=1.6\text{m}$, $K=1230\text{m}$, $P=31.25\text{m}$, $B=17.28$ 。

顶板平行定向长钻孔+分支孔参数: 顶板平行定向长钻孔层位在煤层上方 M 处, 钻孔长度为 K , 钻孔间距为 P , 钻孔个数为 B , 分支钻孔间距 $O=P=31.25\text{m}$, 分支孔个数为 q , q 按下式计算:

$$q = \frac{K}{O}$$

30 经计算 $q=39.36\text{m}$ 。

步骤 3, 采用深孔自适应定向钻机装置, 根据步骤 2 中的抽采钻孔设计参数, 基于随钻雷达地质探测装置在钻进过程中实时连续探测地质信息, 自适应调节深孔自适应定向钻机装置推进力、回转速度等, 以提高钻进效率, 降低钻进过程卡钻、抱钻概率, 并始终保持钻孔轨迹处于煤层上方 $M=1.6\text{m}$ 处进行顶板平行定向长钻孔施工。

随钻雷达地质探测装置 4 实时探测时接收机控制电路 403 同步发射机控制电路 402 指令，并通过 MEMS 加速度传感器 405 实时感知装置姿态，根据自身姿态启动一组或多组相应的发射共形天线阵列 401 和接收共形天线阵列 406 进行探测数据采集工作与数据分析，反演出定向探测钻孔周围地质信息。随钻雷达地质探测装置 4 将煤岩交界面信息通过电磁传输高压密封管柱 5 传输给深孔自适应定向钻机装置，在钻进过程中根据煤岩交界面信息实时调整螺杆马达 3 方位与倾角，保证钻孔设计层位。

随钻雷达地质探测装置 4 探测煤岩交界面目标体深度 H 按下式计算：

$$H = \frac{\sqrt{v^2 t^2 - x^2}}{2}$$

式中， v 为电磁波在介质中的波速； t 为探测仪器测量的电磁波走时； x 为发射共形天线阵列 401 与接收共形天线阵列 406 之间距离； v 值可用宽角法直接测量，也可根据近似计算公式计算：

$$v \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

式中， c 为光速， ϵ_r 为地下介质的相对介电常数。

随钻雷达地质探测装置 4 自身感知方向计算公式如下：

$$\theta = \arcsin \frac{g_y}{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}$$

式中， θ 为随钻雷达地质探测装置 4 探测主方向与煤岩交界面法线方向角度； g_y 为随钻雷达地质探测装置 4 初始水平径向方向传感轴加速度测量值； g_z 为随钻雷达地质探测装置 4 初始竖直方向传感轴加速度测量值。

步骤 4，根据压裂目标煤岩层的地质环境、应力状态、物理力学等参数，计算煤层的破裂压力 P_k 、压裂泵泵压 P_w 、压裂水量 $V_{水}$ ，为后续随钻分段压裂作业提供数据。

煤层的破裂压力 P_k ，按下式计算：

$$P_k = 3\sigma_h - \sigma_H + \sigma_t - P_0$$

上式中： σ_h 为煤层原始水平最小主应力， σ_H 为煤层原始水平最大主应力， σ_t 为煤岩抗拉强度， P_0 为孔隙压力。通过计算煤层的破裂压力 $P_k=21.7\text{MPa}$ 。

根据计算的 P_k 值及其他参数计算需要的压裂泵泵压 P_w ， P_w 按下式计算。

$$P_w = P_k + P_H + P_f$$

P_H 为压裂管路液柱压力， $P_H = \rho g H_c$ ； ρ 为压裂液密度，本次假设采用清水作为压裂液 $\rho = 1000\text{kg/m}^3$ ； g 为重力加速度，取 $g = 10\text{N/kg}$ ； H_c 为电磁传输高压密封管柱高差，由开孔在煤层，最终分支孔进入煤层，高差忽略不计，因此按 $P_H = 0\text{MPa}$ 计算； P_f 为压裂液沿程摩阻， $P_f = a L_g \lambda_1$ ， L_g 为管路长度，假设为 0.1km ， λ_1 为摩阻系数，假设管路摩阻系数 $\lambda_1 = 8$ ，计算得 $P_f = 0.8\text{MPa}$ 。经计算压裂泵泵压 $P_w = 22.5\text{MPa}$ 。

依据压裂目标煤岩层设计的钻孔间距等参数，考虑压力水漏失，估算压裂水量 $V_{水}$ ， $V_{水}$ 按下式计算：

$$V_{水} = 0.02 V_{体} \lambda_2$$

式中 $V_{体}$ 为设计的压裂影响范围煤层体积，根据钻孔间距分段参数等估算的煤层体积约

为 1953m^3 ； λ_2 为顶底板岩层吸水系数，依顶底板岩层坚固性系数 f_2 取值， $f_2 > 2$ 时， λ_2 取值为 1， f_2 为其它数值时， $\lambda_2 = 1.7 - 0.35 f_2$ 。经计算 $V_{\text{水}} = 39.06\text{m}^3$ 。

步骤 5，计算顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W 和压裂段间距 U ，本次选用的钻孔类型为顶板平行定向长钻孔+分支孔，因此该步骤无需进行计算。

5 步骤 6，根据上述设计参数进行水力压裂作业。

顶板平行定向长钻孔+分支孔随钻压裂作业：利用整套煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置进行钻孔施工前，调节好双模式压差滑套筛管一体化短节 804 来控制上封隔器 802 与下封隔器 806 之间的间距，使其大于钻孔在煤层段内的预计长度，顶板平行定向长钻孔施工完后，在孔底开始施工第 1 个分支孔，施工完后调整上封隔器 802 与下封隔器 806 的位置使其分别处于煤层底板和煤层顶板。根据分段水力压裂参数设计启动并控制高压大流量集中供液装置开始压裂，调节压裂压力至高于压裂泵泵压 $P_w = 22.5\text{MPa}$ ，完成压裂水量 $V_{\text{水}} = 39.06\text{m}^3$ 时停止第 1 个分支孔压裂。拖动电磁传输高压密封管柱 5 使钻头处于第 2 个分支孔开孔点，第 2 个开孔点距第 1 个开孔点的距离为 $O = 31.25\text{m}$ ，开始钻进第 2 个分支孔并进行随钻压裂，重复以此直至所有分支孔压裂完成。

15 步骤 7，压裂后进行排水、封孔、连接抽采装置进行抽采，压裂后进行排水时，孔口安装临时负压装置，用于抽吸排水过程中的正压瓦斯，防止钻场内部瓦斯超限，排水至排水流量小于 V_p 时采用水泥砂浆封孔， V_p 在 $0.2 \sim 0.5\text{m}^3/\text{h}$ 内取值，封孔后连接抽采装置进行抽采。压裂后，排水、封孔、连接抽采装置进行抽采。

20 如上所述，结合附图所给出的方案内容，可以衍生出类似的方案，但凡对本公开的技术方案进行修改或者等同替换，而不脱离本技术方案的宗旨和范围，其均应涵盖在本公开的权利要求范围当中。

25 在本公开的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本公开和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本公开的限制。

30 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本公开的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

35 在本公开中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接或彼此可通讯；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本公开中的具体含义。

40 在本公开中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可

以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

在本公开中，术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本公开的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

尽管已经示出和描述了上述实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本公开的限制，本领域普通技术人员对上述实施例进行的变化、修改、替换和变型均在本公开的保护范围内。

权利要求书

1、一种煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，包括：高压大流量集中供液装置、随钻雷达地质探测装置(4)、深孔自适应定向钻机装置、电磁传输高压密封管柱(5)、裸眼随钻分段压裂工具串；

5 所述高压大流量集中供液装置设置有双泵结构(702)，双泵结构(702)出口连接钻进压裂双模式供液切换结构(703)，所述高压大流量集中供液装置连接所述电磁传输高压密封管柱(5)；所述电磁传输高压密封管柱(5)为裸眼随钻分段压裂工具串提供压裂液，为深孔自适应定向钻机装置的螺杆马达(3)提供钻进液；所述随钻雷达地质探测装置(4)分别与所述裸眼随钻分段压裂工具串和深孔自适应定向钻机装置的所述螺杆马达(3)连接，并通过所述电磁传输
10 高压密封管柱(5)传输信号；所述裸眼随钻分段压裂工具串设置有随钻压裂电磁传输通讯结构和双模式压差滑套，通过电磁传输通讯结构传输数据，通过双模式压差滑套切换钻进模式和压裂模式。

2、根据权利要求 1 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述高压大流量集中供液装置由水箱(701)、所述双泵结构(702)、所述钻进压裂双模式供液切换结构(703)、高压
15 胶管(704)、孔口装置(705)、远程控制器(706)依次连接。

3、根据权利要求 2 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述双泵结构(702)设置有高压小流量泵组、低压大流量泵组，高压小流量泵组和低压大流量泵组共同连接在同一底盘上，共同连接所述水箱(701)及所述远程控制器(706)。

4、根据权利要求 2 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述孔口装置(705)内部有单向阀，所述单向阀的一端与所述电磁传输高压密封管柱(5)螺纹连接，所述单向阀的另一
20 一端与所述高压胶管(704)连接；所述单向阀与所述高压胶管(704)连接的一端设置有旋转输水结构，所述单向阀控制流体仅能由高压胶管(704)一侧至所述电磁传输高压密封管柱(5)一侧通过，所述电磁传输高压密封管柱(5)一侧还设置有压力表和卸压阀；当所述高压大流量集中供液装置用于压裂时，在所述水箱(701)内添加压裂液，当所述高压大流量集中供液装置用于钻进时，在所述水箱(701)内添加钻进液。

5、根据权利要求 1 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，深孔自适应定向钻机装置包括钻头(1)、近钻头随钻测量装置(2)、螺杆马达(3)、自适应定向钻机主机(6)。

6、根据权利要求 5 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述近钻头随钻测量装置(2)用于测量钻孔轨迹参数，同时接收来自所述随钻雷达地质探测装置(4)探测的地质数据
30 信息，通过所述电磁传输高压密封管柱(5)将数据信息传输至所述自适应定向钻机主机(6)上，经过数据分析及处理后，自适应调节推进力和回转速度。

7、根据权利要求 5 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述钻头(1)、所述近钻头随钻测量装置(2)、所述螺杆马达(3)依次连接；所述螺杆马达(3)与所述随钻雷达地质探测装置(4)连接；所述自适应定向钻机主机(6)与所述电磁传输高压密封管柱(5)连接，并通过
35 高压胶管(704)与所述高压大流量集中供液装置连接。

8、根据权利要求 5 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述自适应定向钻机主机(6)包括锚固油缸组(601)、自适应给进装置(602)、电动机组件(603)、油箱组件(604)、自适应动力头(605)、防爆电脑(606)、履带车平台(607)；所述锚固油缸组(601)、所述自适应给进装置(602)、所述电动机组件(603)、所述油箱组件(604)、所述防爆电脑(606)均集成在所述
40 履带车平台(607)上；所述自适应动力头(605)位于所述自适应给进装置(602)上，为定向钻孔

提供回转动力并精确调整所述螺杆马达(3)工具面向角角度；所述自适应给进装置(602)提供钻孔所需的推进力。

5 9、根据权利要求 1 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述电磁传输高压密封管柱(5)为无中心管结构，采用电磁感应方式进行信号传输，密封结构承压能力大于高压大流量集中供液装置最高压力，且不影响信号传输。

10、根据权利要求 9 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述电磁传输高压密封管柱(5)在钻进过程中为所述螺杆马达(3)传输钻进液，在压裂过程中为所述裸眼随钻分段压裂工具串传输压裂液，在钻进和压裂过程中传输钻机指令信号并反馈所述随钻雷达地质探测装置(4)探测结果信息和钻头(1)的状态信息。

10 11、根据权利要求 1 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述裸眼随钻分段压裂工具串包括上转换结构(801)、上封隔器(802)、上扶正器(803)、双模式压差滑套筛管一体化短节(804)、下扶正器(805)、下封隔器(806)、下转换结构(807)，其中上转换结构(801)与随钻雷达地质探测装置(4)连接，下转换结构(807)与电磁传输高压密封管柱(5)连接；所述上转换结构(801)、所述上封隔器(802)、所述上扶正器(803)、所述双模式压差滑套筛管一体化短节(804)、所述下扶正器(805)、所述下封隔器(806)、所述下转换结构(807)均设置有电磁传输结构；所述双模式压差滑套筛管一体化短节(804)包含双模式压差滑套和筛管两部分，其中所述双模式压差滑套设置有钻进压裂双模式结构，筛管用于高压水出水。

12、根据权利要求 11 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述双模式压差滑套通过调节所述高压大流量集中供液装置的供液压力自动切换钻进模式和压裂模式，供液压力在 P_d 以下时为钻进模式，供液压力大于 P_d 时为压裂模式，其中 P_d 在 10~20MPa 之间可调。

13、根据权利要求 12 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，在钻进模式时高压水不进入所述上封隔器(802)、所述下封隔器(806)和所述筛管，避免所述上封隔器(802)和所述下封隔器(806)膨胀以及所述筛管出水，高压水只进入所述螺杆马达(3)并提供动力；在压裂模式时，高压水不进入所述螺杆马达(3)，所述上封隔器(802)、所述下封隔器(806)膨胀封孔，所述筛管出水进行分段内压裂，压力降至 P_d 以下时，所述双模式压差滑套关闭压裂模式所述上封隔器(802)、所述下封隔器(806)，所述上封隔器(802)和所述下封隔器(806)卸压收缩。

14、根据权利要求 1 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述随钻雷达地质探测装置(4)包括发射共形天线阵列(401)、发射机控制电路(402)、接收机控制电路(403)、雷达信号处理器(404)、MEMS 加速度传感器(405)、接收共形天线阵列(406)。

15、根据权利要求 14 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，所述雷达信号处理器(404)对信号的处理过程为：所述发射共形天线阵列(401)螺旋式扫描周边全部空间后，形成间断式的雷达反射界面，在三维空间中提取采掘工作面顶底煤岩分界面，为空间剖分提供分层边界；雷达波在煤层中传播，振幅会随着传播距离的增加而衰减，相位也随之偏移，在地层界面，雷达波会出现偏转和反射；通过反射波的振幅强度与相位偏移，利用层析成像理论，反演雷达波路径上的煤层属性，表征煤层的变化信息。

16、根据权利要求 15 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置，其中，对所述三维空间的剖分采用四面体剖分单元，从而离散整个三维空间；对于钻孔附近小尺度的孔径约束，进行区域化加密；在探测边缘区域，增大剖分尺寸。

40 17、一种煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法，应用如权利要求 1~16 中任一项所述的一种煤

矿瓦斯深孔区域化抽采装置，包括：

步骤 1，获取煤岩层的地质环境、应力状态和物理力学参数，所述煤岩层的参数包括煤层坚固性系数 f_1 、顶板坚固性系数 f_2 、区段走向长度 L 、区段倾向长度 N 、煤层厚度 h 、煤层抗拉强度 σ_t 、煤层埋深 H 、煤层原始水平最大主应力 σ_H 、煤层原始水平最小主应力 σ_h 、

5 孔隙压力 P_0 、地下介质的相对介电常数 ϵ_r 、顶底板岩层吸水系数 λ_2 ；

步骤 2，根据获取的煤岩层的参数和设计公式设计抽采钻孔类型及对应钻孔参数；

步骤 3，采用深孔自适应定向钻机装置，根据步骤 2 中设置的抽采钻孔参数，基于随钻雷达地质探测装置(4)在钻进过程中实时连续探测的地质信息，自适应调节深孔自适应定向钻机装置的推进力和回转速度，进行顶板平行定向长钻孔施工；

10 步骤 4，根据压裂目标煤岩层的参数，计算煤层的破裂压力 P_k 、压裂泵泵压 P_w 以及压裂水量 V_w ；

步骤 5，计算顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W 和压裂段间距 U ；

步骤 6，以步骤 4 和步骤 5 得到的参数作为设计参数进行水力压裂作业；

步骤 7，压裂后进行排水、封孔，连接抽采装置进行抽采。

15 18、根据权利要求 17 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法，其中步骤 2 的抽采钻孔类型设计方法如下：

抽采钻孔类型分为顶板平行定向长钻孔和顶板平行定向长钻孔+分支孔两种类型，设顶板坚固性系数 f_2 与煤层坚固性系数 f_1 比值为 D ， D 按下式计算：

$$D = \frac{f_2}{f_1}$$

20 其中 $D > 2$ 时采用顶板平行定向长钻孔， $D \leq 2$ 时，采用顶板平行定向长钻孔+分支孔。

19、根据权利要求 18 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法，其中步骤 2 的抽采钻孔类型对应的钻孔参数设计方法如下：

分支孔施工时钻头(1)穿过煤层并进入底板深度为 x ， x 取值为 5~10m；

顶板平行定向长钻孔参数：顶板平行定向长钻孔层位在煤层上方 M 处，钻孔长度为 K ，

25 钻孔间距为 P ，钻孔个数为 B ， M 、 K 、 P 、 B 值分别按下式计算，其中 $\epsilon = 1m^2$ ：

$$M = 2h - f_2$$

$$K = L + 30$$

$$P = \frac{50}{M} \epsilon$$

$$B = \frac{N - 60}{P}$$

30 顶板平行定向长钻孔+分支孔参数：顶板平行定向长钻孔层位在煤层上方 M 处，钻孔长度为 K ，钻孔间距为 P ，钻孔主孔个数为 B ，分支钻孔间距 $O = P$ ，分支孔个数为 q ， q 按下式计算：

$$q = \frac{K}{O}$$

20、根据权利要求 17 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法，其中步骤 3 中的随钻雷达地质探测装置(4)在钻进过程中实时连续探测，具体过程为：探测时，接收机控制电路(403)同步发射机控制电路(402)的指令，并通过 MEMS 加速度传感器(405)实时感知随钻雷达地质探测装置(4)姿态，根据自身姿态启动一组或多组相应的发射共形天线阵列(401)和接收共形
5 天线阵列(406)进行探测数据采集工作与数据分析，反演出定向探测钻孔周围地质信息；随钻雷达地质探测装置(4)将煤岩交界面信息通过电磁传输高压密封管柱(5)传输给深孔自适应定向钻机装置，在钻进过程中根据煤岩交界面信息实时调整螺杆马达(3)方位与倾角，保证钻孔设计层位。

21、根据权利要求 20 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法，其中随钻雷达地质探测装置(4)探测煤岩交界面目标体深度 H 计算公式如下：
10

$$H = \frac{\sqrt{v^2 t^2 - x^2}}{2}$$

上式中，v 为电磁波在介质中的波速；t 为探测仪器测量的电磁波走时；x 为发射共形天线阵列(401)与接收共形天线阵列(406)之间的距离；v 值可用宽角法直接测量或根据近似计算公式计算：

$$v \approx \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

15 上式中，c 为光速， ϵ_r 为地下介质的相对介电常数；
随钻雷达地质探测装置(4)自身感知方向计算公式如下：

$$\theta = \arcsin \frac{g_y}{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}}$$

20 上式中， θ 为随钻雷达地质探测装置(4)探测主方向与煤岩交界面法线方向角度； g_y 为随钻雷达地质探测装置(4)初始水平径向方向传感轴加速度测量值； g_z 为随钻雷达地质探测装置(4)初始竖直方向传感轴加速度测量值。

22、根据权利要求 17 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法，其中步骤 4 中煤层的破裂压力 P_k ，计算公式如下：

$$P_k = 3\sigma_h - \sigma_H + \sigma_t - P_0$$

25 上式中： σ_h 为煤层原始水平最小主应力， σ_H 为煤层原始水平最大主应力， σ_t 为煤岩抗拉强度， P_0 为孔隙压力；

计算需要的压裂泵泵压 P_w ， P_w 计算公式如下：

$$P_w = P_k + P_H + P_f$$

30 上式中： P_H 为压裂管路液柱压力， $P_H = \rho g H_c$ ， ρ 为压裂液密度；g 为重力加速度， H_c 为电磁传输高压密封管柱(5)高差，为钻孔终孔标高减去开口标高； P_f 为压裂液沿程摩阻， $P_f = a L_g \lambda_1$ ， L_g 为管路长度， λ_1 为摩阻系数， $a = 1 \text{MPa/km}$ ；

依据压裂目标煤岩层设计的钻孔间距参数，考虑压力水漏失，估算压裂水量 $V_{水}$ ，

$V_{水}$ 计算公式如下：

$$V_{水} = 0.02 V_{体} \lambda_2$$

35 上式中 $V_{体}$ 为设计的压裂影响范围煤层体积； λ_2 为顶底板岩层吸水系数，根据顶板坚固

性系数 f_2 取值: $f_2 > 2$ 时, λ_2 取值为 1, f_2 为其它数值时, $\lambda_2 = 1.7 - 0.35 f_2$ 。

23、根据权利要求 17 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法, 其中步骤 5 中顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W 和压裂段间距 U 按下式计算:

$$W = \sqrt{\frac{50}{M}} \beta$$

$$U = \sqrt{\frac{50}{M}} \frac{f_2}{f_1} h \beta$$

5

上式中, f_1 为煤层坚固性系数, f_2 为顶板坚固性系数, M 为定向长钻孔距煤层距离, h 为煤层厚度, $\beta = 1 \text{m}^{3/2}$ 。

24、根据权利要求 17 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法, 其中步骤 6 根据设计参数进行水力压裂作业, 对于顶板平行定向长钻孔随钻压裂作业, 具体步骤如下:

10

利用煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置进行钻孔施工前, 调节好双模式压差滑套筛管一体化短节(804)来控制上封隔器(802)与下封隔器(806)之间的间距至顶板平行定向长钻孔压裂分段长度 W ;

15

顶板平行定向长钻孔施工完成后, 根据分段水力压裂参数设计启动并控制高压大流量集中供液装置开始压裂, 调节压裂压力至高于压裂泵泵压 P_w , 完成压裂水量 V_k 时停止孔底第 1 段压裂, 拖动电磁传输高压密封管柱(5)带动裸眼随钻分段压裂工具串, 使上封隔器(802)距第 1 段压裂的下封隔器(806)位置的距离为压裂段间距 U 进行第 2 段压裂, 重复上述步骤直至所有分段压裂完成。

25、根据权利要求 17 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法, 其中步骤 6 根据设计参数进行水力压裂作业, 对于顶板平行定向长钻孔+分支孔随钻压裂作业, 具体步骤如下:

20

利用煤矿瓦斯深孔区域化抽采装置进行钻孔施工前, 调节好双模式压差滑套筛管一体化短节(804)来控制上封隔器(802)与下封隔器(806)之间的间距, 使该间距大于钻孔在煤层段内的长度, 顶板平行定向长钻孔施工完后, 在孔底开始施工第 1 个分支孔, 施工完成后调整上封隔器(802)与下封隔器(806)的位置使两者分别处于煤层底板和煤层顶板; 根据分段水力压裂参数设计启动并控制高压大流量集中供液装置开始压裂, 调节压裂压力至高于压裂泵泵压 P_w , 完成压裂水量 V_k 时停止第 1 个分支孔压裂; 拖动电磁传输高压密封管柱(5)使钻头(1)处于第 2 个分支孔开孔点, 第 2 个开孔点距第 1 个开孔点的距离为 O , 开始钻进第 2 个分支孔并进行随钻压裂, 重复上述步骤直至所有分支孔压裂完成。

25

30

26、根据权利要求 17 所述的煤矿瓦斯深孔区域化抽采方法, 其中步骤 7 压裂后进行排水时, 钻孔孔口安装临时负压装置, 用于抽吸排水过程中出现的正压瓦斯, 防止钻场内部瓦斯超限, 排水至排水流量小于 V_p 时采用水泥砂浆封孔, V_p 在 $0.2 \sim 0.5 \text{m}^3/\text{h}$ 内取值, 封孔后连接抽采装置进行抽采。

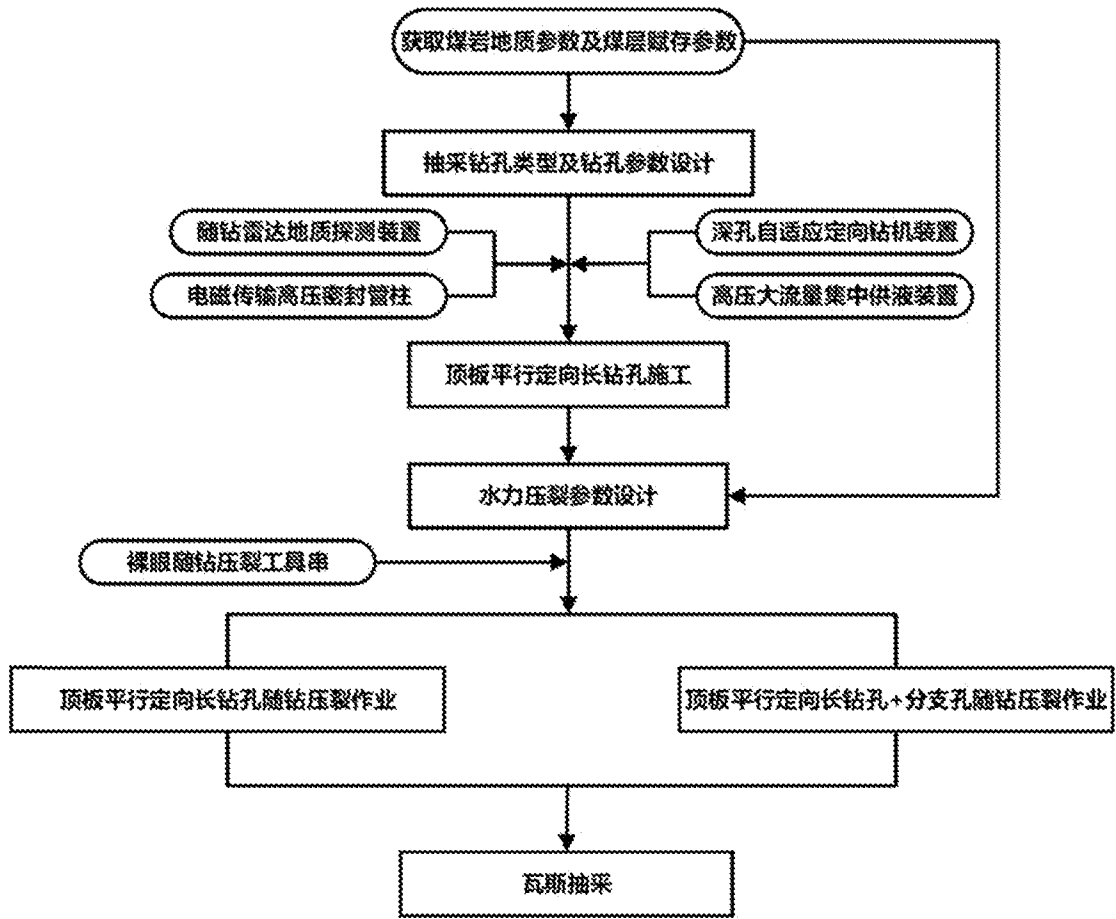


图 1

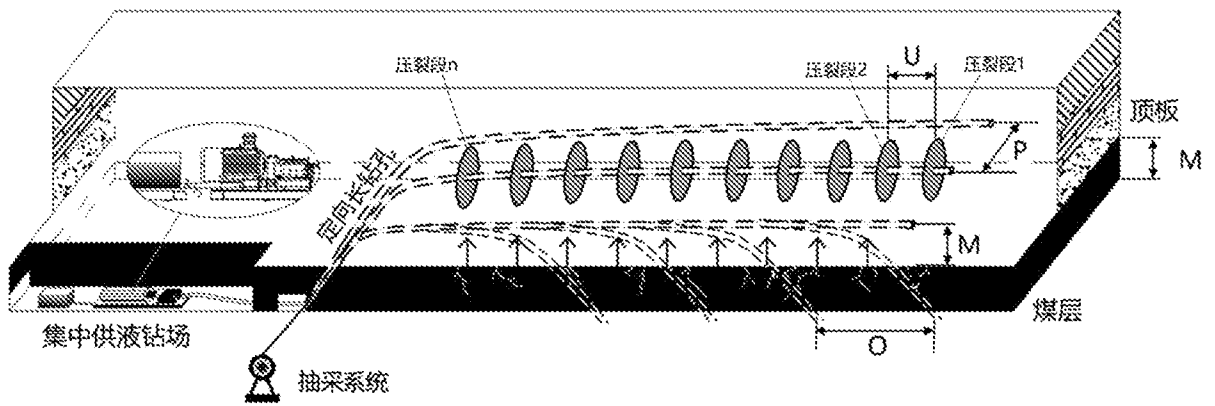


图 2

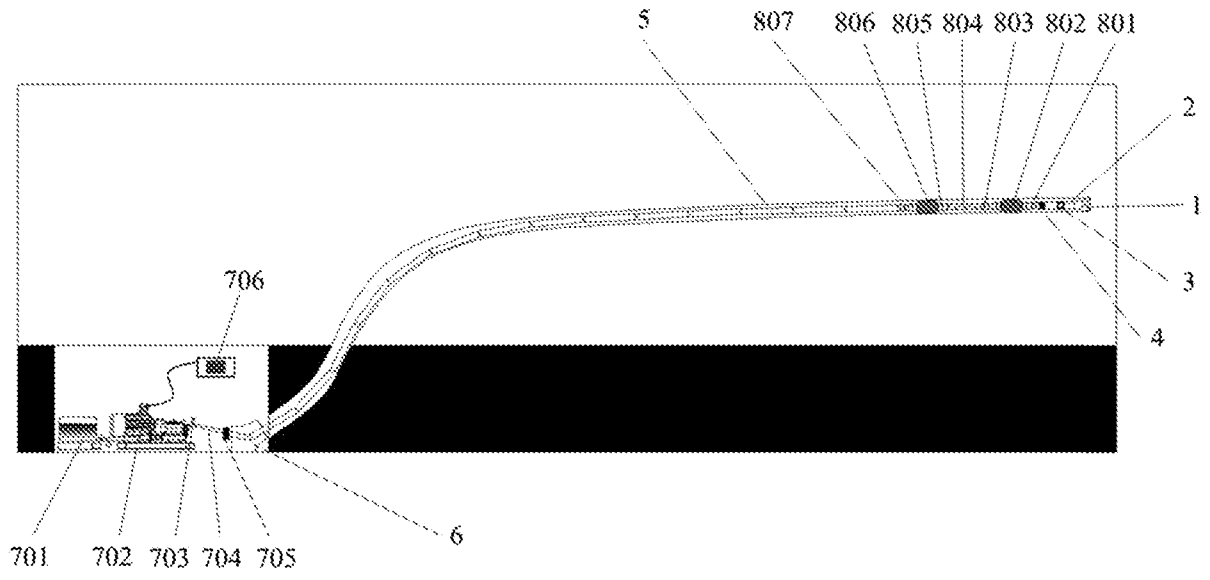


图 3

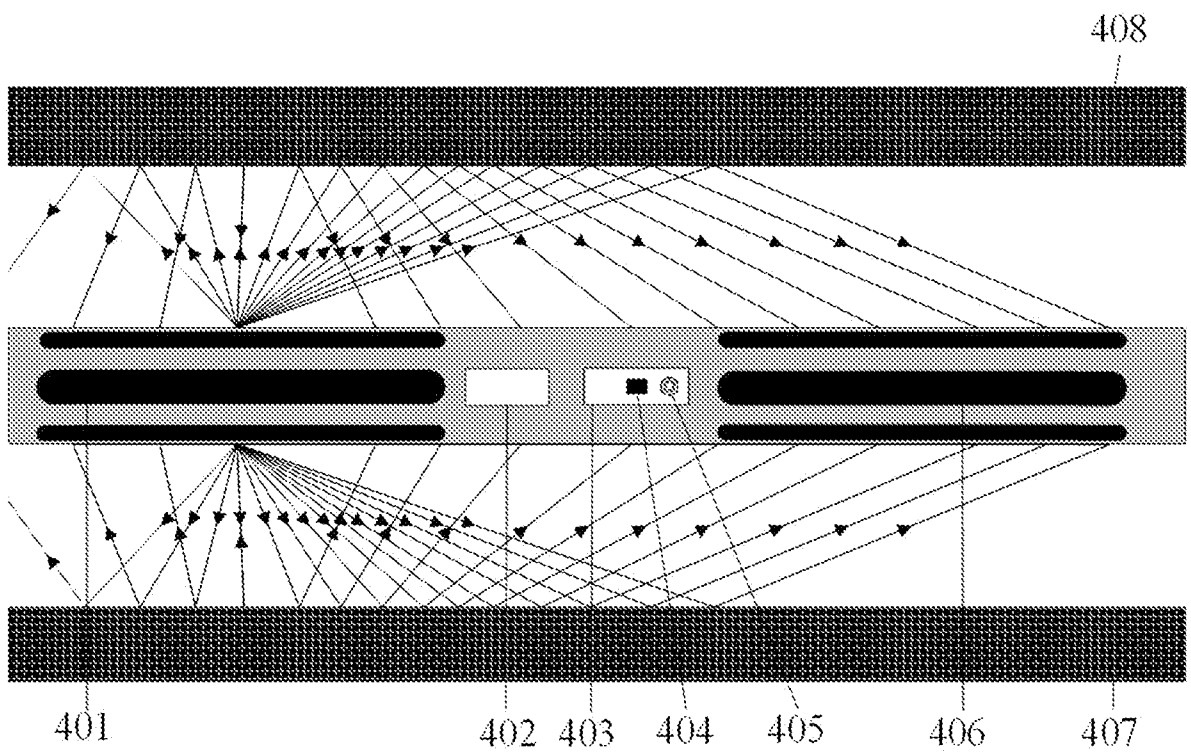


图 4

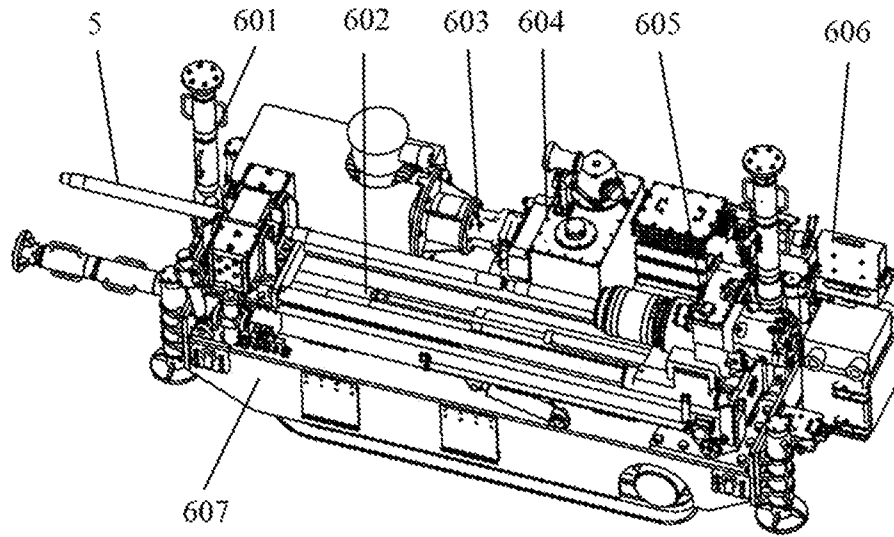


图 5

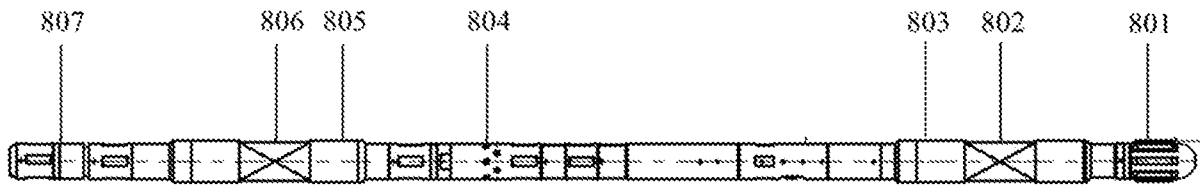


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/123822

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
E21B 7/04(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC:E21B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNABS, CNTXT, DWPI, SIPOABS, ENTXT, CNKI: 抽采, 液压, 钻, 雷达, 探测, 压裂, 煤, mining, extraction, hydraulic, drill, radar, detect, fracturing, coal;		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115324482 A (CHINA COAL TECHNOLOGY & ENGINEERING GROUP CORP. et al.) 11 November 2022 (2022-11-11) description, paragraphs 6-86	1-26
A	CN 105971517 A (XI'AN RESEARCH INSTITUTE OF CHINA COAL TECHNOLOGY & ENGINEERING GROUP) 28 September 2016 (2016-09-28) description, paragraphs 6-53, and figures 1-3	1-26
A	CN 113279808 A (ANHUI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY et al.) 20 August 2021 (2021-08-20) entire document	1-26
A	US 2020095860 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.) 26 March 2020 (2020-03-26) entire document	1-26
A	US 2021262341 A1 (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY et al.) 26 August 2021 (2021-08-26) entire document	1-26
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
14 November 2023		12 January 2024
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		
		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2023/123822

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	115324482	A	11 November 2022	None	
CN	105971517	A	28 September 2016	None	
CN	113279808	A	20 August 2021	None	
US	2020095860	A1	26 March 2020	WO	2020060589 A1 26 March 2020
				NO	20190969 A1 23 March 2020
				CA	3051279 A1 21 March 2020
				GB	201910927 D0 11 September 2019
				GB	2577378 A 25 March 2020
US	2021262341	A1	26 August 2021	US	11174722 B2 16 November 2021
				WO	2020258589 A1 30 December 2020
				AU	2019440174 A1 21 January 2021

<p>A. 主题的分类</p> <p>E21B 7/04(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC:E21B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS,CNXTX,DWPI,SIPOABS,ENTXT,CNKI;抽采,液压,钻,雷达,探测,压裂,煤,mining,extraction, hydraulic, drill, radar, detect, fracturing, coal;</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115324482 A (中国煤炭科工集团有限公司等) 2022年11月11日 (2022 - 11 - 11) 说明书第6-86段</td> <td>1-26</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105971517 A (中煤科工集团西安研究院有限公司) 2016年9月28日 (2016 - 09 - 28) 说明书第6-53段、图1-3</td> <td>1-26</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113279808 A (安徽理工大学等) 2021年8月20日 (2021 - 08 - 20) 全文</td> <td>1-26</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2020095860 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC) 2020年3月26日 (2020 - 03 - 26) 全文</td> <td>1-26</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2021262341 A1 (UNIV CHINA MINING等) 2021年8月26日 (2021 - 08 - 26) 全文</td> <td>1-26</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 115324482 A (中国煤炭科工集团有限公司等) 2022年11月11日 (2022 - 11 - 11) 说明书第6-86段	1-26	A	CN 105971517 A (中煤科工集团西安研究院有限公司) 2016年9月28日 (2016 - 09 - 28) 说明书第6-53段、图1-3	1-26	A	CN 113279808 A (安徽理工大学等) 2021年8月20日 (2021 - 08 - 20) 全文	1-26	A	US 2020095860 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC) 2020年3月26日 (2020 - 03 - 26) 全文	1-26	A	US 2021262341 A1 (UNIV CHINA MINING等) 2021年8月26日 (2021 - 08 - 26) 全文	1-26
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 115324482 A (中国煤炭科工集团有限公司等) 2022年11月11日 (2022 - 11 - 11) 说明书第6-86段	1-26																		
A	CN 105971517 A (中煤科工集团西安研究院有限公司) 2016年9月28日 (2016 - 09 - 28) 说明书第6-53段、图1-3	1-26																		
A	CN 113279808 A (安徽理工大学等) 2021年8月20日 (2021 - 08 - 20) 全文	1-26																		
A	US 2020095860 A1 (HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC) 2020年3月26日 (2020 - 03 - 26) 全文	1-26																		
A	US 2021262341 A1 (UNIV CHINA MINING等) 2021年8月26日 (2021 - 08 - 26) 全文	1-26																		
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2023年11月14日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2024年1月12日</p>																			
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>	<p>授权官员</p> <p>贾文卓</p> <p>电话号码 (+86) 010-62085344</p>																			

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/123822

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	115324482	A	2022年11月11日	无			
CN	105971517	A	2016年9月28日	无			
CN	113279808	A	2021年8月20日	无			
US	2020095860	A1	2020年3月26日	WO	2020060589	A1	2020年3月26日
				NO	20190969	A1	2020年3月23日
				CA	3051279	A1	2020年3月21日
				GB	201910927	D0	2019年9月11日
				GB	2577378	A	2020年3月25日
US	2021262341	A1	2021年8月26日	US	11174722	B2	2021年11月16日
				WO	2020258589	A1	2020年12月30日
				AU	2019440174	A1	2021年1月21日